



Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**

N. TO2002 A 000625



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

2 GIU. 2003

Roma, li

IL DIRIGENTE

Elena Marinelli

Sig.ra E. MARINELLI

A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione

C.R.F. Società Consortile per Azioni

Residenza

Orbassano - TO

D. TITOLO

Guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up".

Classe proposta (sez./cl./scl)

(gruppo/sottogruppo)

L. RIASSUNTO

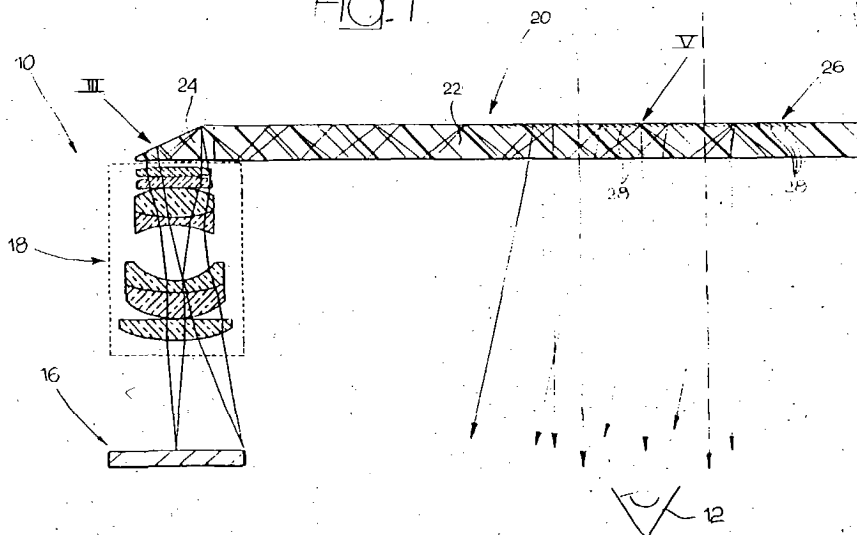
Guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up", comprendente:

- un corpo della guida di luce (22) almeno in parte trasparente alla luce visibile,
- un dispositivo di accoppiamento (24) associato al corpo della guida di luce (22) ed atto ad accoppiare il corpo (22) ad un sistema ottico (18) atto a generare un'immagine, il dispositivo di accoppiamento (24) essendo realizzato in modo tale per cui i fasci di luce provenienti dal sistema ottico (18) entrano nel corpo della guida di luce (22) e si propagano nel corpo (22) in modalità di riflessione interna totale, e
- una struttura di estrazione dell'immagine comprendente una pluralità di microspecchi semitrasparenti (28) immersi nel corpo della guida di luce (22), atta ad estrarre un'immagine dai fasci di luce che si propagano nel corpo della guida di luce (22) in modo da permettere ad un osservatore di visualizzare l'immagine estratta su uno sfondo visibile in trasparenza attraverso il corpo della guida di luce (22).

(Figura 1)

M. DISEGNO

Fig. 1



DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up",

di: C.R.F. Società Consortile per Azioni,
nazionalità italiana, Strada Torino 50 - 10043
Orbassano (TO).

Inventori designati: Piermario REPETTO, Elena
BORELLO, Stefano BERNARD

Depositata il: 17 luglio 2002

10 2002 A 000625

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda una guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up".

I dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up" hanno lo scopo di presentare un'immagine, ad esempio generata da un microdisplay, sovrapposta a uno sfondo, in modo che un osservatore possa vedere l'immagine generata dal microdisplay senza dover distogliere la propria attenzione dallo sfondo stesso.

Sul mercato sono già presenti alcune soluzioni per la presentazione ad un osservatore dell'immagine generata da un microdisplay.

La Micro Optical Inc. offre sul mercato due soluzioni, descritte nei documenti US5715377,

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

US5886822, US60203372 e US6091546. Una prima soluzione è un sistema ottico agganciabile ad un comune paio di occhiali, composto da un display che genera l'immagine, un sistema ottico che forma un'immagine virtuale del microdisplay ad una distanza opportuna ed una guida di luce che presenta l'immagine all'occhio dell'utilizzatore. Questa soluzione non è rigorosamente definibile come "see-through", in quanto l'immagine restituita all'osservatore non è sovrapposta sullo sfondo; dal momento però che lo sfondo è visibile in tutto il campo di vista intorno all'immagine presentata all'osservatore, tale soluzione è definita "see-around". Il display presenta tuttavia un campo di vista limitato e può quindi restituire soltanto immagini a bassa risoluzione (11° nella direzione orizzontale). Una seconda soluzione è del tipo ad "ottica inglobata", in cui un display genera l'immagine che, attraverso un sistema di lenti e prismi inglobati direttamente nella lente degli occhiali dell'utilizzatore, viene presentata a quest'ultimo ad una distanza opportuna; un prisma deviatore semiriflettente posto a 45° rispetto alla superficie della lente e nel centro del campo di vista fa in modo che l'immagine venga presentata all'utilizzatore sovrapposta sullo sfondo.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

L'ingombro esterno di questa soluzione è ridotto, tuttavia l'uso del prisma deviatore a 45 gradi implica uno spessore delle lenti dell'occhiale almeno pari alla pupilla di uscita del sistema; dal momento che tale pupilla di uscita cresce con il campo di vista del display per garantire una sufficiente tolleranza di posizionamento dell'occhio (indicata nel seguito come "eye motion box" o EMB), la soluzione proposta è utilizzabile soltanto per campi di vista limitati (11° nella direzione orizzontale) e bassa risoluzione (320x240 pixel).

Il documento US-A1-20010033401 descrive una soluzione che prevede l'utilizzo di una guida di luce in cui i fasci emessi dal display (accoppiati geometricamente dentro la guida di luce senza l'interposizione di alcuna ottica) dopo aver percorso un tratto opportuno in riflessione interna totale fra le pareti della guida di luce vengono estratti tramite un'ottica olografica. Questo sistema è leggero e poco ingombrante ed è quindi particolarmente adatto ad una soluzione di tipo "clip-on" cioè agganciabile all'occhiale dell'utilizzatore. Tuttavia, l'ottica del sistema di tipo olografico è fortemente non assiale e, quindi, affetta da numerose aberrazioni, in particolare da una distorsione trapezoidale del campo. Sebbene il

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

processo di produzione dell'ologramma sia stato concepito in modo da ridurre al minimo i problemi legati alla non-assialità e, quindi, alle aberrazioni, tali problemi sarebbero tuttavia di entità ancora superiore nel caso si volesse utilizzare la soluzione proposta per un campo di vista di ampiezza maggiore ($>16^\circ$). Inoltre, come è noto, l'ottica olografica è fortemente sensibile alle variazioni sia di angolo di incidenza sia di lunghezza d'onda. La dipendenza dall'angolo di incidenza comporta efficienze di estrazione diverse per la luce che si propaga in guida ad angoli diversi, il che limita necessariamente il campo di vista utilizzabile nella soluzione proposta. La dipendenza dalla lunghezza d'onda comporta efficienze di estrazione diverse per luce con lunghezze d'onda diverse, il che limita l'utilizzo di questa soluzione a display del tipo monocromatico. L'utilizzo di questa soluzione in display con campo di vista più ampio e/o a colori richiede di ridurre in modo significativo l'efficienza di estrazione dell'ologramma, ossia la frazione della luce che si propaga in guida deviata verso l'occhio dell'osservatore.

Il documento US6169613 descrive una soluzione con ottica olografica comprendente una guida di luce



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

e due elementi ottici diffrattivi. Il primo elemento ottico accoppia dentro un guida di luce l'immagine generata da un opportuno sistema ottico, facendo propagare i fasci di luce all'interno della guida in riflessione interna totale. Il secondo elemento ottico estrae i fasci che incidono su di esso, riducendo il loro angolo di propagazione al di sotto dell'angolo di riflessione interna totale. Questa soluzione permette di ampliare la dimensione della pupilla di uscita lungo la direzione di propagazione del fascio, moltiplicando il numero di estrazioni. L'efficienza di estrazione del secondo elemento ottico diffrattivo cresce lungo la direzione di propagazione in guida, in modo da garantire che la luce estratta dalla guida ad ogni riflessione successiva sia costante. Il principale problema di questa soluzione è ancora legato alle peculiarità dell'ottica diffrattiva, ed in particolare la dipendenza dell'efficienza dall'angolo di incidenza e dalla lunghezza d'onda. Tale dipendenza comporta la necessità di ridurre l'efficienza dell'ologramma a valori tipicamente non superiori al 20-25%, mantenendo così le disuniformità di luminanza all'interno dell'intero campo di vista considerato e su tutta la banda spettrale inferiori al 30% (valore massimo che l'occhio umano è in grado di compensare,

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

Farrell, Booth, 1984, "Design handbook for imagery interpretation equipment").

La presente invenzione si prefigge lo scopo di fornire una guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up" che consenta di superare gli inconvenienti delle soluzioni note.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto da una guida di luce avente le caratteristiche formanti oggetto della rivendicazione principale.

La presente invenzione verrà ora descritta dettagliatamente con riferimento ai disegni allegati, dati a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente un dispositivo di visualizzazione includente una guida di luce secondo la presente invenzione,

- la figura 2 è una vista prospettica schematica illustrante una prima forma di realizzazione di una guida di luce secondo la presente invenzione,

- la figura 3 è una vista schematica in maggiore scala del dispositivo di accoppiamento indicato dalla freccia III nella figura 1,

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
srl

- la figura 4 è una vista schematica illustrante una variante del dispositivo di accoppiamento di figura 3,

- la figura 5 è un dettaglio schematico ingrandito della parte indicata dalla freccia V nella figura 1,

- la figura 6 è una vista schematica che illustra il principio di funzionamento del sistema di estrazione dell'immagine secondo la presente invenzione,

- le figure 7 e 8 illustrano schematicamente le modalità di propagazione della luce all'interno della guida di luce, e

- la figura 9 è una vista prospettica schematica illustrante una seconda forma di realizzazione della guida di luce secondo la presente invenzione.

Con riferimento alla figura 1, con 10 è indicato un sistema di visualizzazione di un'immagine virtuale del tipo head-mounted displays (HMD) o head-up displays (HUD), del tipo "see-through", cioè in cui l'immagine generata dal sistema è presentata all'osservatore, schematicamente indicato con 12, sovrapposta su uno sfondo visibile attraverso una parte trasparente o semi-trasparente del sistema di visualizzazione 10.

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OLIX
s.r.l.

Il sistema di visualizzazione 10 comprende un dispositivo generatore dell'immagine 16 che può essere di qualsiasi tipo noto. Il dispositivo generatore dell'immagine 16 può essere costituito da un microdisplay ad esempio del tipo a cristalli liquidi in trasmissione/riflessione, CRT, elettroluminescente organico o inorganico.

Il dispositivo generatore dell'immagine 16 è associato ad un sistema ottico 18, costituito da una serie di lenti opportune, che forma un'immagine virtuale dell'immagine reale, prodotta dal dispositivo generatore dell'immagine 16. L'immagine virtuale può essere generata ad una distanza variabile tra 1 metro ed infinito, a seconda della distanza a cui si desidera presentare l'immagine all'osservatore 12. La luce esce dal sistema ottico 18 come una sovrapposizione di fasci paralleli (nel caso di immagine ad infinito) che si propagano in direzioni diverse coprendo l'intero campo di vista.

In una forma di attuazione preferita, il display ha un formato del tipo SVGA, ovvero 800x600 pixel; il singolo pixel del microdisplay è quadrato con una dimensione lineare compresa tra 10 e 15 micron; il campo di vista prodotto dal sistema ottico 18 di formazione immagine virtuale è di 24x18 gradi. In un'altra forma di attuazione preferita il



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OLIX
s.r.l.

display ha formato QVGA, ovvero 320x240 pixel, ed il campo di vista prodotto del sistema ottico 18 è di 16x12 gradi. Ulteriori forme di attuazione preferite sono: formato QVGA con campo di vista 12x9 gradi, formato VGA (640x480) con campo di vista 16x12 gradi e formato VGA con campo di vista 24x18 gradi.

Il sistema di visualizzazione 10 secondo la presente invenzione comprende una guida di luce 20 comprendente un corpo a forma di lastra 22 di materiale trasparente o semitrasparente con due facce principali 22'. Il corpo della guida di luce 22 può essere costituito di vetro, polycarbonato o polimetilmetacrilato. Il corpo della guida di luce 22 ha uno spessore preferibilmente compreso fra 2 mm e 5 mm. Il corpo della guida di luce 22 potrebbe avere almeno una delle sulle facce principali 22' non piana, oppure entrambe le facce piane ma non parallele .

La guida di luce 20 comprende un dispositivo di accoppiamento 24 che riceve i fasci di luce provenienti dal sistema ottico 18 e li accoppia al corpo della guida di luce 22. Il dispositivo di accoppiamento 24 può essere costituito da un componente ottico integrato nel corpo della guida di luce 22. Nella forma di realizzazione illustrata nella figura 3, il dispositivo di accoppiamento 24 è

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

costituito da un prisma avente una superficie di ingresso 24' parallela alle facce principali 22' del corpo della guida di luce 22, una superficie di uscita 24" ortogonale alle facce principali 22' del corpo della guida di luce 22 ed una superficie piana di raccordo 25 totalmente o parzialmente riflettente ed inclinata rispetto alle superfici 24', 24". Nella variante di figura 4 il dispositivo di accoppiamento 24 è costituito da un prisma avente una superficie di ingresso 24' inclinata rispetto alle facce principali 22' del corpo della guida di luce 22, una superficie di uscita 24" ortogonale alle facce principali 22' del corpo della guida di luce 22 ed una superficie opaca di raccordo 25.

In entrambi i casi, i fasci di luce provenienti dal sistema ottico 18 vengono deviati all'interno del corpo della guida di luce 22 e cominciano a propagarsi con angoli superiori all'angolo di riflessione interna totale. Per ottenere ciò, la geometria del dispositivo di accoppiamento 24 interposto fra l'insieme dei fasci generati del sistema ottico 18 ed il corpo della guida di luce 22, è tale per cui ogni fascio incide sulle facce principali del corpo 22 con un angolo α , rispetto ad una direzione ortogonale alle facce principali del

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

corpo 22, superiore all'angolo limite θ_{lim} definito come:

$$\sin \theta_{lim} = \frac{1}{n}$$

dove n è l'indice di rifrazione del materiale costituente il corpo della guida di luce 22. Quindi, tutti i fasci di luce si propagano nel corpo 22 senza perdere energia. In entrambe le varianti, la superficie di ingresso 24' del dispositivo di accoppiamento 24 può essere piana e curva. La superficie di ingresso 24' del dispositivo di accoppiamento 24 può anche essere costituita da un reticolo diffrattivo.

La luce si propaga nel corpo della guida di luce 22 con un angolo di incidenza minimo compreso fra 39° e 45° ed angolo di incidenza massimo compreso fra 55° e 65° . L'angolo limite è ad esempio di 41.8° per il polimetilmetacrilato (o PMMA).

La guida di luce 22 secondo la presente invenzione comprende un sistema di estrazione dell'immagine 26 che consiste in una struttura di microspecchi semitrasparenti 28, immersi nel volume del corpo della guida di luce 22. Come è illustrato nella figura 6, i microspecchi 28 riflettono una parte della luce che si propaga nella guida mediante riflessione interna totale, modificando l'angolo di propagazione in guida secondo le leggi della

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

riflessione. La parte restante della luce passa indisturbata attraverso i microspecchi 28 e continua la sua propagazione in guida fino ad incontrare nuovamente la matrice. Il rapporto tra la luce riflessa e la luce trasmessa dai microspecchi dipende esclusivamente dalla riflettanza dei microspecchi.

I fasci di luce si propagano nella guida lungo una direzione parallela alle facce principali del corpo della guida di luce 22 ed incontrano la struttura a microspecchi immersi 28. Le superfici dei microspecchi sono tra loro parallele ed inclinate rispetto alle facce del corpo della guida di luce 22 in modo tale che il fascio associato alla direzione centrale del campo di vista sia estratto in direzione ortogonale alle facce del corpo della guida di luce 22.

I microspecchi 28 sono completamente immersi nel materiale di cui è costituito il corpo della guida di luce 22 oppure sono compresi tra due materiali diversi ma di pari indice di rifrazione, in modo tale che la porzione di fascio che passa attraverso i microspecchi si propaghi nel corpo della guida di luce 22 senza subire deviazioni.

Quando un fascio raggiunge la struttura di estrazione dell'immagine 26, esso interagisce con i



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

microspecchi 28. Una porzione dell'energia del fascio di luce viene deviata ed estratta del corpo della guida di luce, dato che incide sulla faccia opposta con un angolo inferiore all'angolo limite. La rimanente porzione dell'energia del fascio viene trasmessa attraverso i microspecchi 28 e viene riflessa per riflessione interna totale dalla faccia retrostante del corpo della guida di luce 22 e prosegue la propagazione, interagendo di nuovo con i microspecchi 28 alla riflessione successiva.

Nella forma di realizzazione illustrata a titolo di esempio nelle figure, la struttura di estrazione dell'immagine 26 giace su un piano parallelo alle facce del corpo della guida di luce 22 ed in prossimità della faccia retrostante. In alternativa, la struttura di estrazione dell'immagine 26 può essere disposta su un piano inclinato rispetto alla direzione di propagazione della luce e raccordante le due facce piane parallele 22' del corpo della guida di luce 22. Come ulteriore alternativa, la struttura di estrazione dell'immagine 26 può essere disposta su una superficie sferica oppure asferica immersa nel corpo della guida di luce 22.

In una forma di attuazione preferita il passo fra i microspecchi 28 della struttura estrattiva è

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

di 500 μ m ed i fasci nella direzione orizzontale del campo di vista si propagano con angoli compresi tra 43° e 59° (che corrisponde ad un campo di vista orizzontale fuori dalla guida pari a 24°). L'inclinazione delle superfici estraenti dei microspecchi è di 25.5°. L'inclinazione è stata calcolata in modo tale che il fascio corrispondente alla direzione centrale del campo di vista, dopo essersi propagato entro la guida di luce con un angolo di 51°, ne venga estratto nuovamente in direzione perpendicolare.

Secondo un aspetto della presente invenzione, la struttura di estrazione dell'immagine 26 può essere realizzata attraverso le seguenti fasi operative:

- formazione del corpo della guida di luce 22, ad esempio mediante stampaggio ad iniezione o colata (casting); in questa fase una parte della superficie del corpo della guida è formata con un profilo a dente di sega (tipo reticolo di Fresnel lineare) con inclinazione dei dentini pari alla pendenza dei microspecchi;

- deposizione di uno strato riflettente, ad esempio mediante evaporazione in camera a vuoto, sul profilo a dente di sega; lo strato riflettente può essere ad esempio di argento o alluminio per

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

garantire un valore di riflettanza elevato e non avere effetti cromatici significativi;

- colata (casting) di materiale polimerico, con proprietà ottiche (indice di rifrazione, acromaticità e trasparenza) sostanzialmente uguali a quelle del corpo della guida di luce, per inglobare i denti del profilo a dente di sega all'interno del corpo della guida con facce piane parallele.

Il processo di deposizione può essere fatto in modo molto direzionale in modo tale che le superfici verticali di raccordo dei dentini non vengano rivestite dal materiale riflettente.

Se lo spessore del rivestimento è costante su tutto il profilo della struttura di estrazione dell'immagine, la riflettanza dei singoli microspecchi sarà costante. Il valore della riflettanza dei microspecchi 28 può essere costante e compreso fra 0,10 e 0,30.

Se la riflettanza ρ dei singoli microspecchi 28 è costante, l'intensità I dell'immagine estratta diminuisce progressivamente con il numero delle successive estrazioni del fascio. In prima approssimazione, l' n -esima immagine estratta di ogni fascio ha un'intensità pari a:

$$I_n = I_0(1-\rho)^{n-1} \cdot \rho$$

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

Il rapporto tra le intensità dei fasci estratti in successive estrazioni e' dato da:

$$\frac{I_n}{I_{n-1}} = (1 - \rho)$$

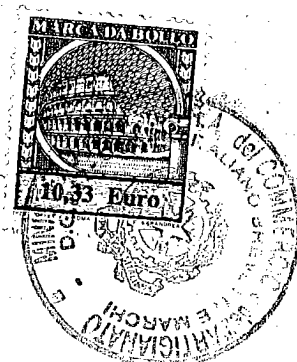
Nei sistemi classici di estrazione della luce da una guida, basati su "beam splitter", la trasmittanza τ della guida (ovvero la frazione della luce proveniente dallo sfondo che arriva all'osservatore) e l'efficienza ρ di estrazione della luce in guida sono legate dalla relazione:

$$\tau + \rho = 1$$

Così, ad esempio, una trasmittanza dell'80% corrisponde ad una efficienza di estrazione del 20%. Nella presente soluzione, al contrario, la presenza di più estrazioni successive permette di moltiplicare la quantità di energia estratta, violando la relazione precedente che rimane valida soltanto per la singola estrazione; detta infatti ρ_{eff} l'efficienza di estrazione complessiva del sistema e ρ quella della singola estrazione, si ha che dopo n estrazioni:

$$\rho_{eff} = 1 - (1 - \rho)^n$$

Ad esempio, con $\rho = 0.2$ si ha che dopo $n=2$ estrazioni l'efficienza globale $\rho_{eff} = 0.36$ e dopo $n=3$ estrazioni sale a $\rho_{eff} = 0.488$; la trasmittanza τ della guida rimane in tutti i casi pari a 0.8. In altre parole, $\tau + \rho = 1$ ma $\tau + \rho_{eff} \geq 1$.



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

E' possibile scegliere la posizione dell'occhio dell'utilizzatore in modo tale che all'interno del campo di vista la luminanza non vari più di 30%, valore di disuniformità che l'occhio umano è in grado di compensare in modo automatico evitando che tale disuniformità venga percepita dall'utente (Farrell, Booth, 1984, "Design handbook for imagery interpretation equipment").

In alternativa, la disuniformità può essere compensata, utilizzando un rivestimento riflettente per i microspecchi 28 avente riflettanza variabile. Ad esempio, la riflettanza dei microspecchi 28 può essere variabile e compresa fra 0,15 e 0,2 oppure fra 0,2 e 0,26.

Tuttavia, la riflettanza variabile implica anche una trasmittanza variabile del corpo della guida di luce 22. In altre parole, la visione dello sfondo attraverso la guida di luce dipenderà dalla posizione dell'occhio rispetto alla guida; il rivestimento a riflettanza variabile può quindi essere utilizzato, purché la variazione di riflettanza (e quindi di trasmittanza) della guida non sia superiore al 30% (per le ragioni sopra descritte). L'utilizzo di un rivestimento a riflettanza variabile, sebbene di realizzazione più costosa rispetto al rivestimento a riflettanza

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

costante, può essere quindi indicato per compensare in tutto od in parte le non omogeneità di luminanza all'interno dell' "eye motion box".

In una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il dispositivo di accoppiamento 24 è realizzato in modo tale per cui i fasci si propagano nel corpo della guida di luce in modo che qualsiasi sezione delle facce 22' lungo la direzione di propagazione e' toccata da tutti i fasci. In altre parole, con riferimento alla figura 7, considerando un singolo fascio che si propaga in una singola direzione, il tratto della superficie del corpo della guida di luce 22 che riflette il fascio alla riflessione (n) è adiacente al tratto del corpo della guida di luce 22 che riflette il fascio alla riflessione (n+1). Questo garantisce che, in qualunque punto della guida si voglia estrarre il fascio di luce, tale fascio sia effettivamente presente.

Questa condizione si ottiene imponendo che:

$$l = 2 \cdot d \cdot \tan \alpha$$

dove l è la dimensione del fascio proiettata sulla superficie della lastra, d è lo spessore ed α l'angolo di propagazione interno.

La figura 8 illustra il caso in cui la suddetta condizione non è verificata. I triangoli privi di

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

tratteggio indicano i tratti di superficie che non sono investiti del raggio riflesso.

La geometria della propagazione nel corpo della guida di luce, con ogni fascio che si riflette in modo da essere sempre adiacente a se stesso (condizione di figura 7), risulta utile al momento dell'estrazione, perché la porzione di fasci estratta alla riflessione (n) risulterà perfettamente adiacente alla porzione estratta alla riflessione (n+1), senza sovrapposizioni o spazi vuoti. Questo fa sì che il fascio estratto dalla struttura per una generica direzione abbia una dimensione lineare l' (lungo la direzione di propagazione in guida) pari alla dimensione lineare del fascio durante la propagazione in guida (precedentemente indicata con l), moltiplicata per il numero di estrazioni che il fascio ha subito.

Questo effetto di moltiplicazione non si ha ovviamente nella direzione ortogonale a quella di propagazione; l'effetto netto è quello di una espansione della pupilla di uscita del sistema di formazione immagine lungo la direzione di propagazione (indicata in figura 2 come direzione orizzontale).

Il dimensionamento del profilo estrattivo può essere valutato per via geometrica. Detta l' la

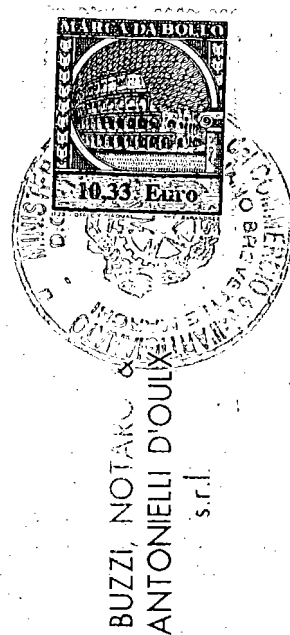
BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

dimensione lineare del fascio estratto lungo la direzione di propagazione in guida ed α la semi-divergenza massima (cioè metà del campo di vista orizzontale), ad una distanza d l' "eye motion box" EMB è dato da:

$$EMB = l' - 2 \cdot d \cdot \tan \alpha$$

Questo conto è valido per dimensionare il profilo estrattivo sia lungo la direzione di estrazione (ovvero la direzione orizzontale) sia nella direzione ad essa ortogonale (ovvero la direzione verticale): nel primo caso l' è la larghezza risultante dalla moltiplicazione della dimensione per mezzo delle estrazioni multiple, nel secondo caso l' è la sola larghezza del fascio, non avendosi moltiplicazione. Se consideriamo una dimensione verticale dell'EMB pari alla dimensione orizzontale, questo presuppone, in ingresso, una dimensione verticale dei fasci maggiore di quella orizzontale.

In generale, la distanza d tra la guida di luce e l'osservatore, nota come "eye relief distance" o ERD, deve essere almeno pari ad un valore minimo compreso tra i 20 ed i 25mm, in modo che la guida di luce non interferisca meccanicamente con gli occhiali eventualmente indossati dall'utente.



Con riferimento alla figura 9, una seconda forma di realizzazione della guida di luce secondo la presente invenzione comprende due strutture a microspecchi immersi 30, 32. La prima struttura a microspecchi immersi 30 serve per espandere la pupilla lungo la direzione verticale e ruotare contemporaneamente la direzione di propagazione nel corpo della guida di luce 22 di 90° (da verticale a orizzontale). La seconda struttura a microspecchi immersi 32 serve per espandere la pupilla lungo la direzione orizzontale e contemporaneamente estrarre la luce dalla guida (in modo sostanzialmente uguale a quanto fatto dalla struttura a microspecchi immersi 26 della forma di realizzazione precedentemente descritta).

Propagandosi nella guida lungo la direzione verticale i fasci incontrano la prima struttura a microspecchi immersi 30. Le superfici dei microspecchi sono tra loro parallele e inclinate in modo tale che i fasci che si propagano nel corpo della guida di luce 22 vengano ruotati di 90° , modificando la direzione di propagazione da verticale ad orizzontale. I singoli microspecchi che compongono la struttura 30 sono parzialmente riflettenti con riflettanza costante oppure crescente lungo la direzione di propagazione

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

(verticale) in modo tale che la frazione di intensità del fascio riflessa dai microspecchi in riflessioni successive sia sostanzialmente costante lungo tutta la struttura. Nel caso di riflettanza costante, il valore della riflettanza potrebbe essere compreso fra 0,15 e 0,25. Nel caso in cui la riflettanza della struttura di rotazione del fascio 30 è variabile, il campo di variazione del valore della riflettanza può essere compreso fra 0,20 e 0,90 oppure fra 0,30 e 0,90 oppure fra 0,10 e 0,90.

Va osservato come il campo di variazione della riflettanza per la struttura di rotazione del fascio 30 possa essere sostanzialmente più ampio di quello relativo alla struttura di estrazione 32, in quanto, mentre quest'ultima si trova all'interno del campo di vista dell'osservatore e deve quindi garantire una uniformità di trasmittanza migliore o uguale al 30% (Farrell, Booth, 1984, "Design handbook for imagery interpretation equipment"), la struttura di rotazione del fascio 30 può essere posizionata fuori dal campo di vista dell'osservatore e presentare quindi disuniformità in trasmissione di entità superiore al 30%.

La struttura a microspecchi 30 è completamente immersa nel materiale di cui è costituito il corpo della guida di luce 22, ovvero è impacchettata tra

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OULX
s.r.l.

due materiali diversi ma di pari indice di rifrazione, in modo tale che la porzione di fascio trasmessa dai microspecchi si propaghi nella guida senza subire deviazioni.

Quando un fascio, propagandosi in guida lungo la direzione verticale, raggiunge la prima struttura a microspecchi 30, esso interagisce con il rivestimento riflettente: una frazione del raggio viene deviata in modo tale per cui esso continua a propagarsi in guida con lo stesso angolo di incidenza rispetto alle facce 22' della guida, ma lungo la direzione orizzontale. La parte del fascio che viene trasmessa attraverso il rivestimento viene riflessa per riflessione interna totale dalla faccia retrostante della guida e prosegue la propagazione lungo la direzione verticale, interagendo di nuovo con i microspecchi alla riflessione successiva.

In una forma di attuazione preferita il passo della prima struttura a microspecchi 30 è di $500\mu\text{m}$ e l'inclinazione delle superfici riflettenti è di circa 30° .

Dopo aver subito la rotazione i fasci si propagano nel corpo della guida di luce 22 lungo la direzione orizzontale fino ad incontrare la seconda struttura a microspecchi 32. Tale struttura è sostanzialmente uguale a quella descritta nella

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OULX
s.r.l.

precedente forma di realizzazione e svolge la stessa funzione.

La geometria della propagazione nel corpo della guida di luce 22 con ogni fascio che si riflette in modo da essere sempre adiacente a se stesso (condizione di figura 7), risulta utile sia al momento della rotazione di 90° operata dalla prima struttura a microspecchi 30, sia al momento dell'estrazione operata dalla seconda struttura 32, perché la porzione di fasci estratta alla riflessione (n) risulterà perfettamente adiacente alla porzione estratta alla riflessione (n+1), senza sovrapposizioni o spazi vuoti. Questo fa sì che il fascio estratto dalla struttura per una generica direzione abbia una dimensione lineare l' nella direzione orizzontale (o verticale) pari alla dimensione lineare del fascio durante la propagazione in guida (precedentemente indicata con l), moltiplicata per il numero di estrazioni (o deviazioni) che il fascio ha subito.

L'effetto netto è quello di una espansione della pupilla di uscita del sistema di formazione immagine sia nella dimensione verticale grazie alla prima struttura 30, sia nella dimensione orizzontale grazie alla seconda struttura 32.



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

Rispetto alle soluzioni ottiche di proiezione di un'immagine presenti sul mercato, l'assoluzione secondo la presente invenzione presenta numerosi vantaggi, fra cui:

- basso costo di realizzazione,
- assenza di effetti di cromatismo,
- assenza di effetti diffrattivi sia in trasmissione che in estrazione,
- buona efficienza di estrazione,
- ottime caratteristiche di "see-through".

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di costruzione e le forme di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione così come definita dalle rivendicazioni che seguono.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

RIVENDICAZIONI

1. Guida di luce per dispositivi di visualizzazione di tipo "head-mounted" o "head-up", comprendente:

- un corpo della guida di luce (22) almeno in parte trasparente alla luce visibile,

- un dispositivo di accoppiamento (24) associato al corpo della guida di luce (22) ed atto ad accoppiare il corpo (22) ad un sistema ottico (18) atto a generare un'immagine, il dispositivo di accoppiamento (24) essendo realizzato in modo tale per cui i fasci di luce provenienti da detto sistema ottico (18) entrano nel corpo della guida di luce (22) e si propagano nel corpo (22) in modalità di riflessione interna totale, e

- una struttura di estrazione dell'immagine atta ad estrarre i fasci di luce che si propagano nel corpo della guida di luce (22), in modo da permettere ad un osservatore di visualizzare l'immagine estratta su uno sfondo visibile in trasparenza attraverso il corpo della guida di luce (22),

caratterizzata dal fatto che la struttura di estrazione dell'immagine (26, 32) comprende una pluralità di microspecchi semitrasparenti (28) immersi nel corpo della guida di luce (22).

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

2. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che comprende una struttura di rotazione del fascio (30), disposta fra detto dispositivo di accoppiamento (24) e detta struttura di estrazione dell'immagine (32).

3. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detta struttura di rotazione del fascio (30) comprende una pluralità di microspecchi semitrasparenti inglobati nel corpo della guida di luce (22).

4. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detta struttura di estrazione a microspecchi (26, 32) è realizzata in modo da estrarre la luce in più riflessioni successive, in modo da estendere la pupilla di uscita lungo la componente della direzione di propagazione dei raggi parallela alle facce principali del corpo della guida di luce (22).

5. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che la luce viene ruotata in più riflessioni successive, in modo da estendere la pupilla di uscita lungo la componente della direzione di propagazione dei raggi parallela alle facce piane del corpo della guida di luce (22).

6. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che la luce viene ruotata

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

in più riflessioni successive ed estratta in più riflessioni successive, in modo da estendere la pupilla di uscita lungo la componente della direzione di propagazione dei raggi parallela alle facce principali del corpo della guida di luce (22) e lungo una direzione ortogonale a detta componente.

7. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di accoppiamento (24) è realizzato modo tale per cui i fasci si propagano nel corpo della guida di luce (22) in modo che qualsiasi sezione della superficie della guida lungo la direzione di propagazione e' toccata dai fasci.

8. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura a microspecchi è costante e compresa fra 0,15 e 0,25.

9. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura a microspecchi è variabile e compresa fra 0,15 e 0,2.

10. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura a microspecchi è variabile e compresa fra 0,20 e 0,26.



BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

11. Guida di luce secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura di rotazione del fascio (30) è costante ed è compresa fra 0,15 e 0,25.

12. Guida di luce secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura di rotazione del fascio (30) è variabile e compresa fra 0,20 e 0,90.

13. Guida di luce secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura di rotazione del fascio è variabile e compresa fra 0,30 e 0,90.

14. Guida di luce secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che la riflettanza di detta struttura di rotazione del fascio è variabile e compresa fra 0,10 e 0,90.

15. Guida di luce secondo la rivendicazione 3, caratterizzata dal fatto che la superficie di detti microspecchi è rivestita di un materiale scelto nel gruppo comprendente argento ed alluminio.

16. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la struttura di estrazione dell'immagine (26) giace su un piano parallelo alle facce principali (22') del corpo della guida di luce (22).

BUZZI, NOTAR
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

17. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la struttura di estrazione dell'immagine (26) giace su un piano inclinato rispetto alle facce principali (22') del corpo della guida di luce (22) e raccordante due facce piane parallele (22') del corpo della guida di luce (22).

18. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la struttura di estrazione dell'immagine (26) giace su una superficie sferica immersa nel corpo della guida di luce (22).

19. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la struttura di estrazione dell'immagine (26) giace su una superficie asferica immersa nel corpo della guida di luce (22).

20. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) è costituita di un materiale scelto nel gruppo comprendente vetro, policarbonato, polimetilmetacrilato.

21. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che la luce si propaga nel corpo della guida di luce (22) con un angolo di

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

incidenza minimo compreso fra 39° e 45° ed angolo di incidenza massimo compreso fra 55° e 65° .

22. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) ha uno spessore compreso fra 2 mm e 5 mm.

23. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto dispositivo di accoppiamento (24) ha una superficie di ingresso (24') piana.

24. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto dispositivo di accoppiamento (24) ha una superficie di ingresso (24') curva.

25. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto dispositivo di accoppiamento (24) ha una superficie di ingresso (24') costituita da un reticolo diffrattivo.

26. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto dispositivo di accoppiamento (24) è un prisma avente una superficie di ingresso (24') parallela ad una faccia piana (22') del corpo della guida di luce (22), una superficie di uscita ortogonale a detta faccia piana (22') ed una superficie piana di raccordo (25) totalmente o parzialmente riflettente ed inclinata

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

rispetto alle superfici di ingresso ed uscita (24', 24").

27. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto dispositivo di accoppiamento (24) è un prisma avente una superficie di ingresso (24') inclinata rispetto ad una faccia piana (22') del corpo della guida di luce (22), una superficie di uscita (24") ortogonale a detta faccia piana (22') ed una superficie opaca di raccordo (25).

28. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) ha almeno una delle sue facce principali (22') non piana.

29. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) è integrato in una lente per occhiali.

30. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) è integrato in una lente per occhiali.

31. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) è agganciato ad una montatura per occhiali e posizionato all'interno del campo di vista dell'osservatore.



BUZZI, NOTAKU &
ANTONIELLI D'OULX
s.r.l.

32. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che il corpo della guida di luce (22) è agganciato ad una montatura per occhiali e posizionato all'interno del campo di vista dell'osservatore.

33. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di visualizzazione ha un campo di vista di $24^{\circ} \times 18^{\circ}$.

34. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di visualizzazione ha un campo di vista di $24^{\circ} \times 18^{\circ}$.

35. Guida di luce secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di visualizzazione ha un campo di vista di $16^{\circ} \times 12^{\circ}$.

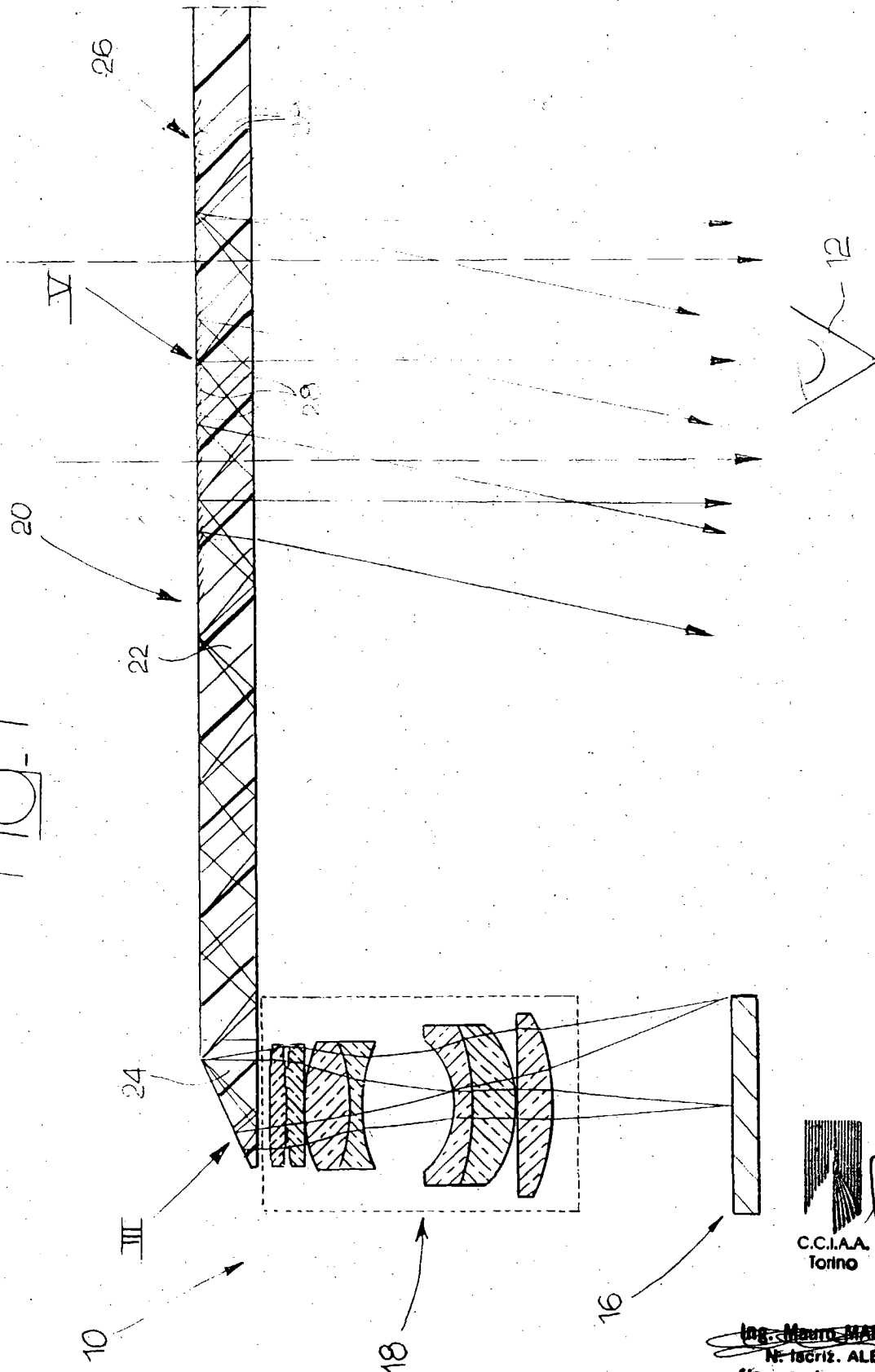
36. Guida di luce secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che il dispositivo di visualizzazione ha un campo di vista di $16^{\circ} \times 12^{\circ}$.

~~Ing. Marco MARCHITELLI~~
N. iscriz. ALBO 607
(in proprio e per gli altri)



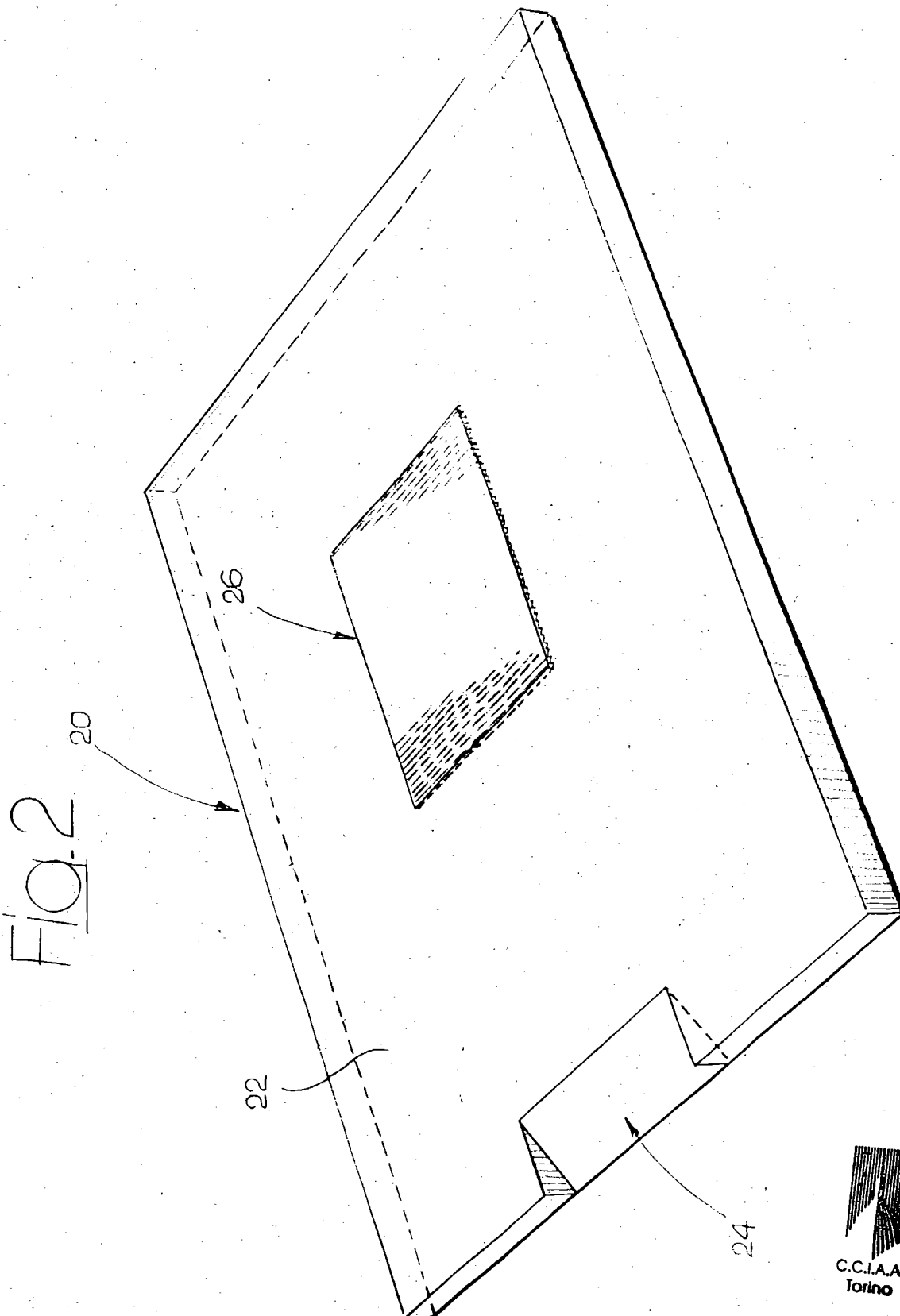
10 2002 A000625

FIG. 1



C.C.I.A.A.
Torino

Ing. Mauro MARCHETTI
N. iscriz. ALBO 807
(in proprio e per gli altri)



C.C.I.A.A.
Torino

Ing. Mauro MARCHETTI
N. 15612 ALBO 507
(in proprio e per gli altri)

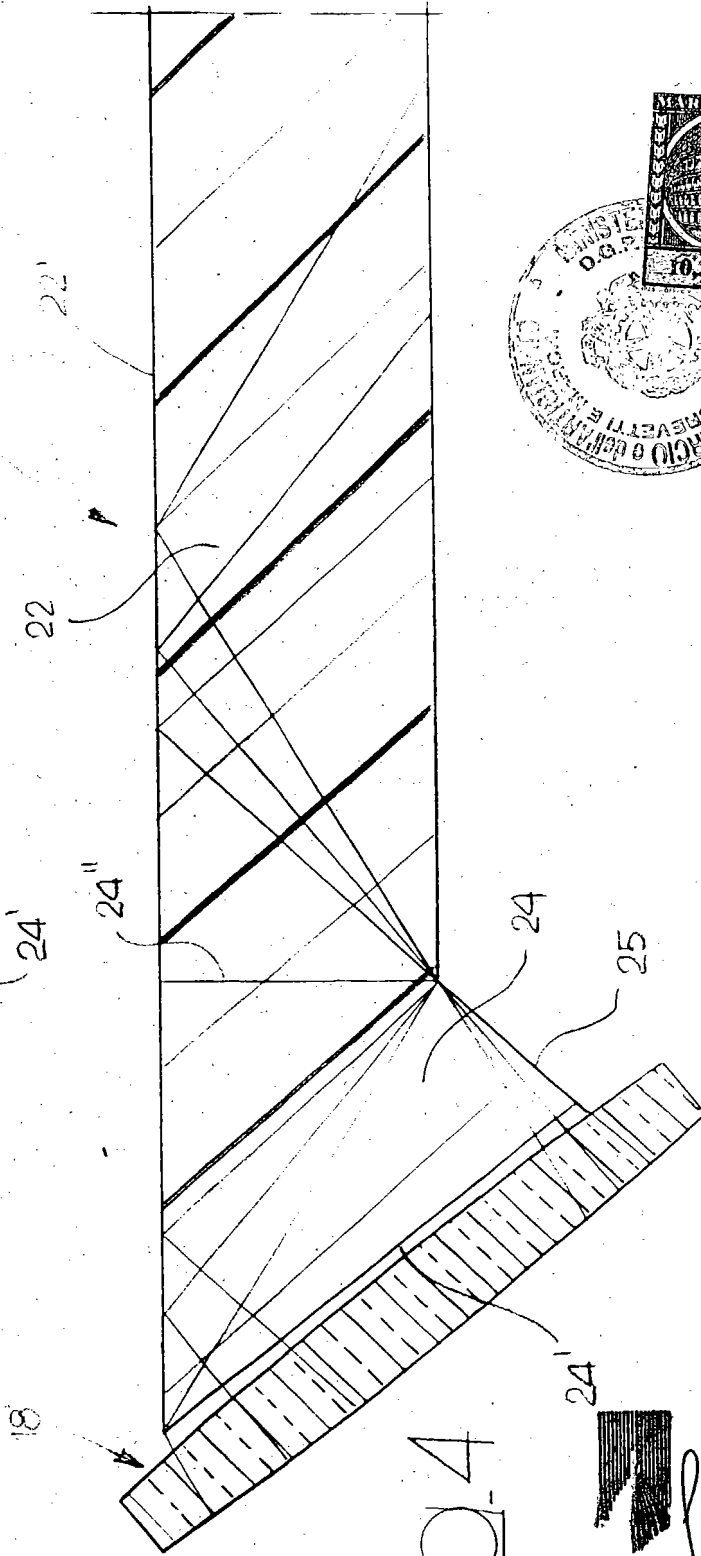
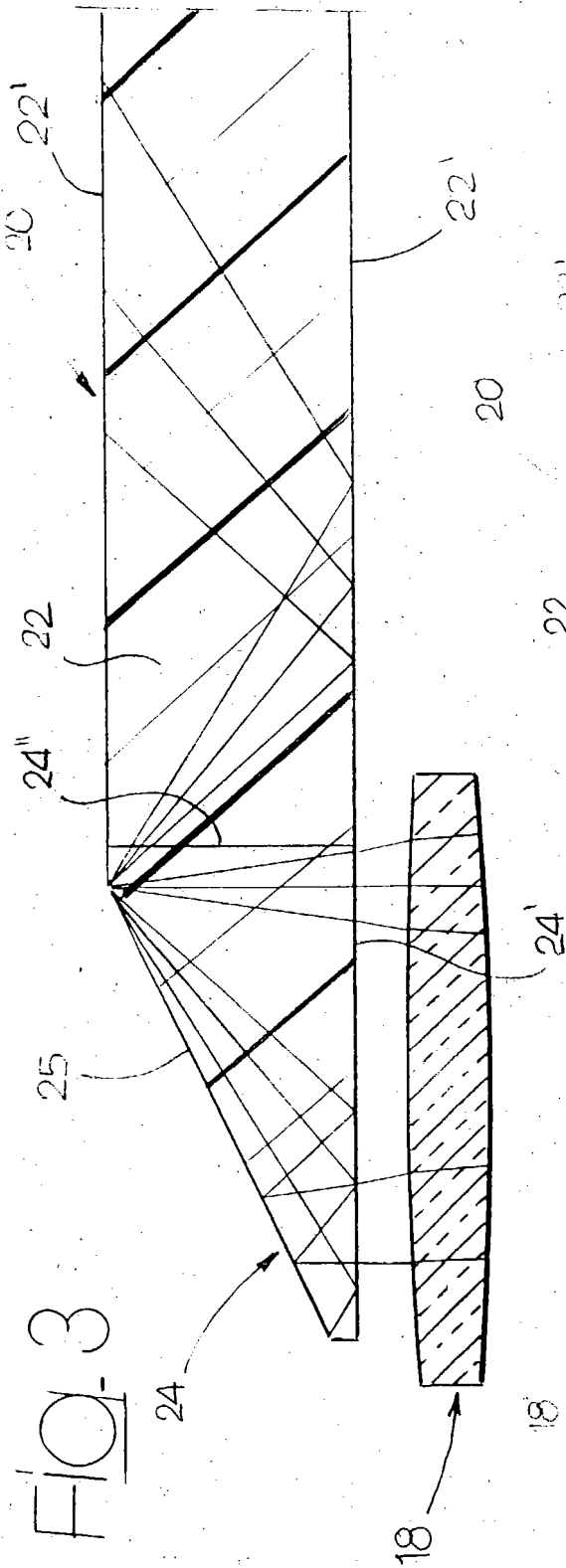


Fig. 4



4/6

Fig. 5

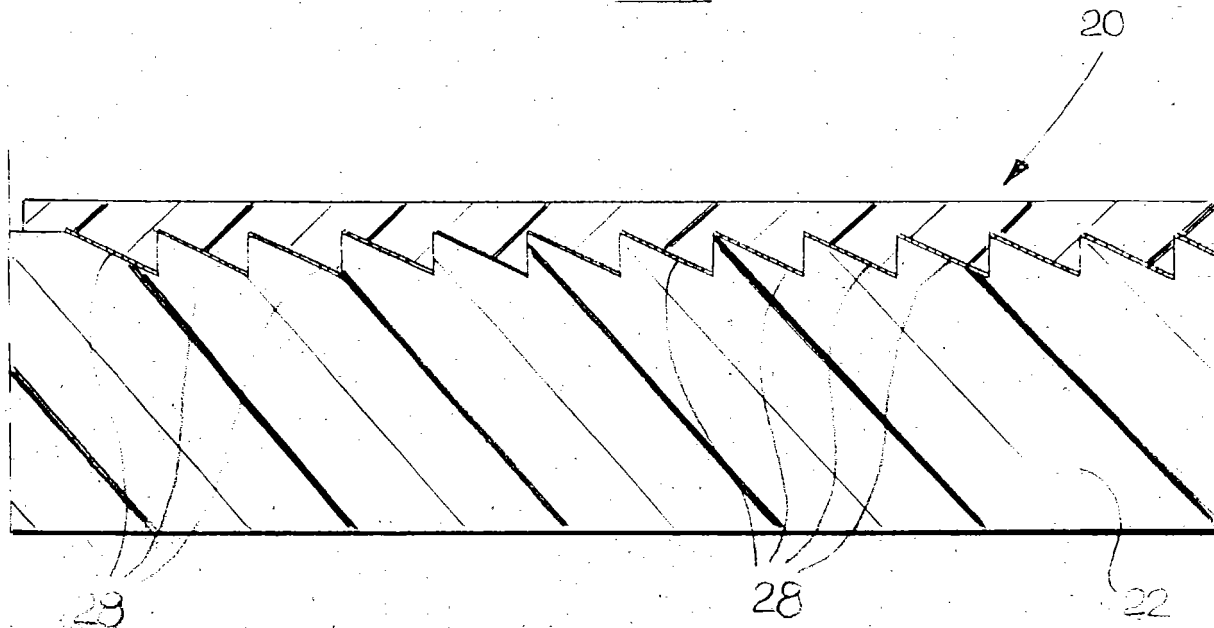
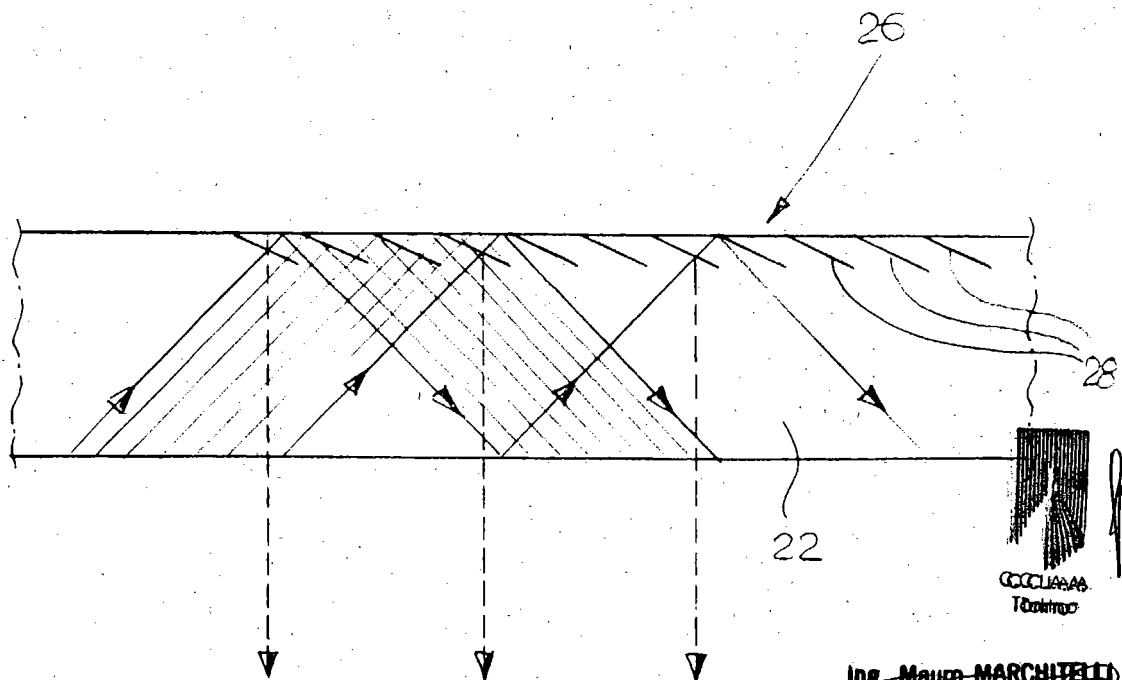


Fig. 6



COCCIAAA
Tecnico

Ing. Mauro MARCHITELLI
N. Iscriz. ALBO 507
(in proprio e per gli altri)

Fig. 7

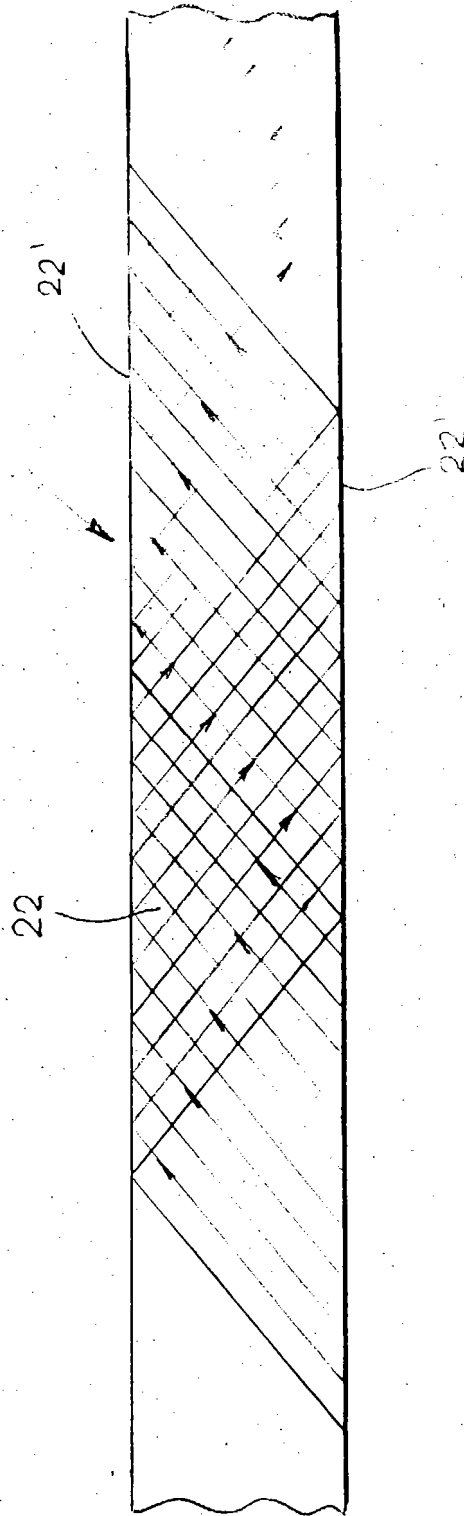
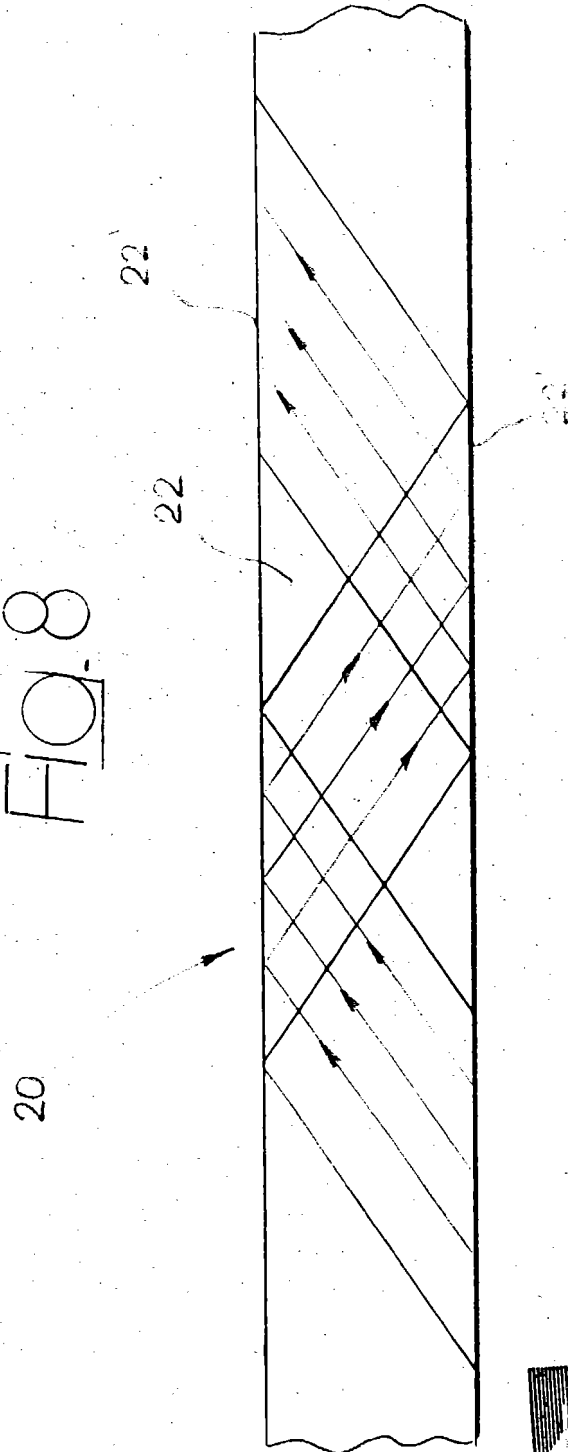
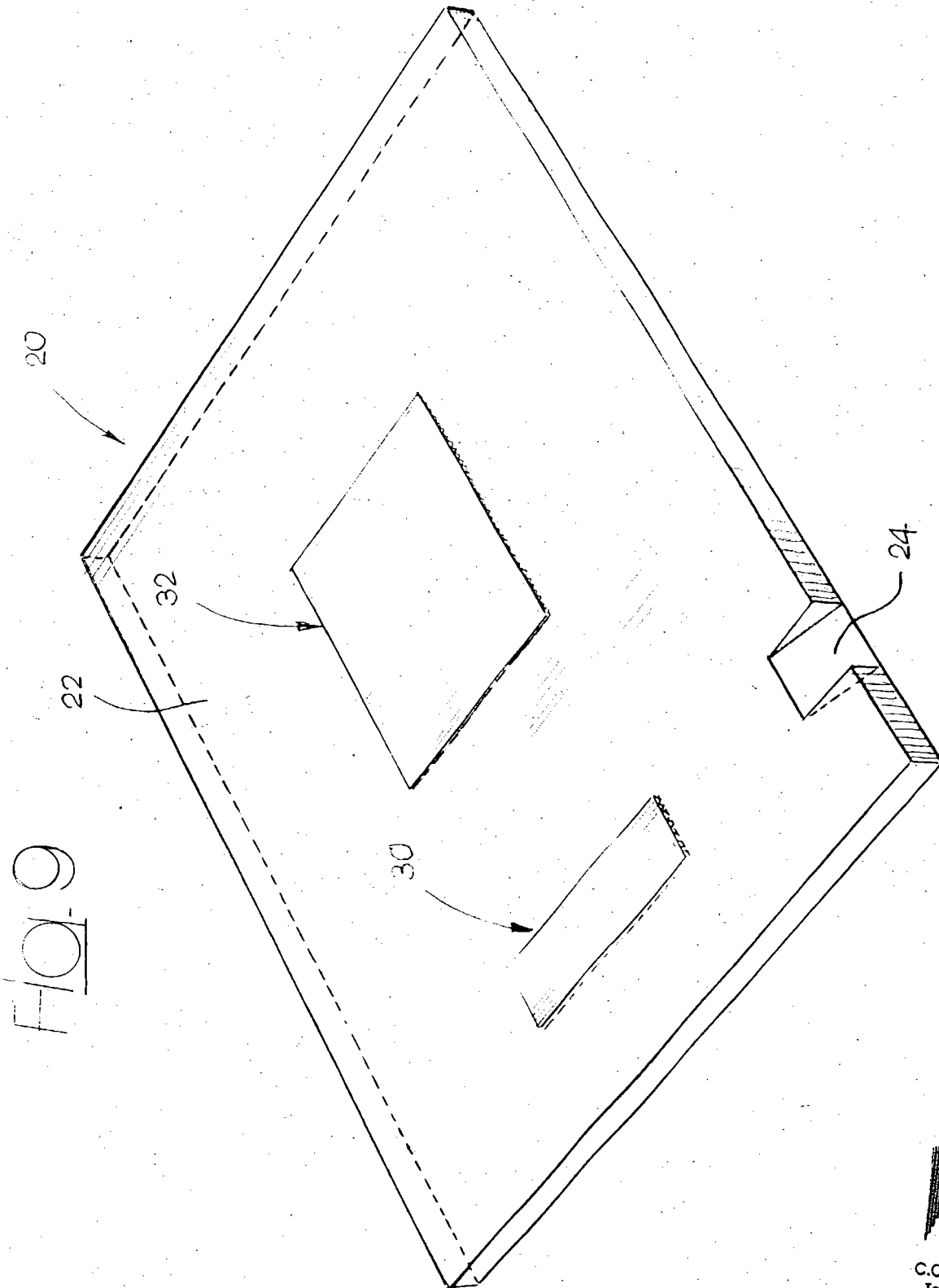


Fig. 8



CCIAA
Rovato

Ing. Mauro MARCHETTI
N. Iscritt. ALBO 507
(in proprio e per gli altri)



C.C.I.A.A.
Torino

Ing. Mauro MARCHETTI
N. iscriz. ALBO 507
(in proprio e per gli altri)